

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-311825

(P2001-311825A)

(43) 公開日 平成13年11月9日 (2001. 11. 9)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームコード (参考)
G 0 2 B 5/30		G 0 2 B 5/30	2 H 0 4 9
5/18		5/18	2 H 0 8 8
G 0 2 F 1/13	5 0 5	G 0 2 F 1/13	5 0 5 2 H 0 9 1
1/1335		1/1335	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2000-130785 (P2000-130785)

(22) 出願日 平成12年4月28日 (2000. 4. 28)

(71) 出願人 000006079

ミノルタ株式会社

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル

(72) 発明者 石原 淳

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪

国際ビル ミノルタ株式会社内

(74) 代理人 100085501

弁理士 佐野 静夫 (外1名)

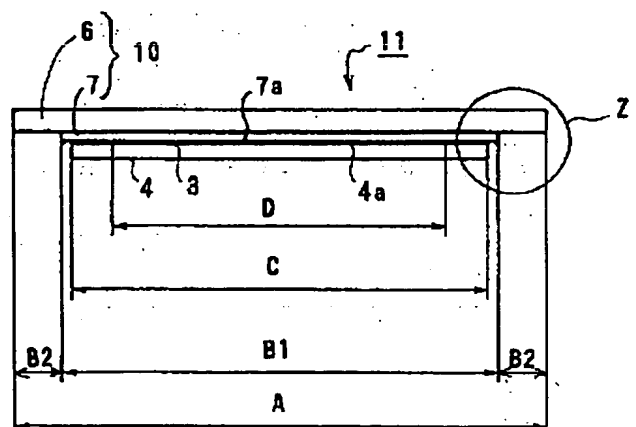
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 偏光分離素子

(57) 【要約】

【課題】 製造容易で信頼性の高い偏光分離素子を提供する。

【解決手段】 回折光学素子(10)は、表面に回折格子面(7a)を有する樹脂層(7)をガラス基板(6)上に形成して成り、回折格子面(7a)に隣接する液晶層(3)は、ネマティック液晶又はスメクティック液晶から成る。対向平板(4)は、液晶層(3)を樹脂層(7)との間で挟むようにして液晶層(3)と隣接し、液晶層(3)側の面に液晶を配向させる配向膜(4a)を有する。ガラス基板(6)上には樹脂層(7)が形成されていない非形成領域(B2)が存在し、対向平板(4)が樹脂層(7)の形成領域(B1)から非形成領域(B2)へはみ出ないように配置されている。



(2)

【特許請求の範囲】

【請求項1】 表面に金型形状を転写した回折格子面を有する樹脂層をガラス基板上に形成して成る回折光学素子と、

複屈折性を有する液晶から成り、かつ、前記回折格子面に隣接する液晶層と、

前記液晶層を前記樹脂層との間で挟むようにして液晶層と隣接し、液晶を封入するための透明基板と、

を備えた偏光分離素子であって、

前記透明基板が前記樹脂層の形成領域からはみ出ないように配置されていることを特徴とする偏光分離素子。

【請求項2】 前記回折格子面がブレード形状を成すとともに、以下の条件式①及び②、並びに条件式③又は④を満足することを特徴とする請求項1記載の偏光分離素子；

$$1.5 < H < 6 \quad \cdots \textcircled{1}$$

$$0.1 < \Delta n < 0.3 \quad \cdots \textcircled{2}$$

$$np \neq no \quad \cdots \textcircled{3}$$

$$np \neq ne \quad \cdots \textcircled{4}$$

ただし、

H：回折格子高さ(μm)、

Δn ：屈折率差 $|np - no|$ 、 $|np - ne|$ のうちの大きい方の値、

np：樹脂層の屈折率、

no：常光に対する液晶層の屈折率、

ne：異常光に対する液晶層の屈折率、である。

【請求項3】 前記液晶層の厚さが $50\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項1又は請求項2記載の偏光分離素子。

【請求項4】 前記樹脂層が、周辺部に回折格子面より高くなっているバリを有する樹脂層であることを特徴とする請求項1、2又は3記載の偏光分離素子。

【請求項5】 表面に金型形状を転写した回折格子面を有する樹脂層をガラス基板上に形成して成る回折光学素子と、

複屈折性を有する液晶から成り、かつ、前記回折格子面に隣接する液晶層と、

前記液晶層を前記樹脂層との間で挟むようにして液晶層と隣接し、液晶を封入するための透明基板と、

を備えた複合型素子であって、

前記透明基板が前記樹脂層の形成領域からはみ出ないように配置されていることを特徴とする複合型素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は偏光分離素子に関するものであり、例えば液晶プロジェクターにおいて液晶パネルを照明するための照明光学系に用いられる偏光分離素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】液晶パネルのように特定偏光の光変調により画像表示を行う空間光変調素子では、特定偏光以外の照明光は偏光子で吸収されるため、一般に照明光の約半分は光量損失となる。この問題を解決して光利用効率を向上させるために、偏光の分離と偏波面(すなわち電気ベクトルの振動面)の回転とにより偏光変換を行う照明光学系が各種提案されている。例えば特開平10-197827号公報記載の照明光学系では、ランプからの照明光を偏光分離素子で偏波面が互いに直交する2つの直線偏光に分離し、分離された一方の直線偏光の偏波面を $1/2$ 波長板で 90° 回転させることによって、2つの直線偏光の偏波面を同じにしている。この偏光変換により、偏波面が揃った直線偏光のみを偏光子に入射させることができるため、偏光子による光量損失はほとんどなくなり、空間光変調素子に対して光利用効率の高い照明が達成可能となる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】特開平10-197827号公報記載の偏光分離素子は、等方性透明体から成る回折格子、複屈折材料から成る光学的異方体層等で構成されている。しかし、回折格子は微細構造を有する光学部品であるため、これを単一部材で構成するとともにその信頼性を高く保つことは困難である。しかも、回折格子には成形性を考慮した製造の容易さも要求される。

【0004】本発明はこのような状況に鑑みてなされたものであって、製造容易で信頼性の高い偏光分離素子を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、第1の発明の偏光分離素子は、表面に金型形状を転写した回折格子面を有する樹脂層をガラス基板上に形成して成る回折光学素子と、複屈折性を有する液晶から成り、かつ、前記回折格子面に隣接する液晶層と、前記液晶層を前記樹脂層との間で挟むようにして液晶層と隣接し、液晶を封入するための透明基板と、を備えた偏光分離素子であって、前記透明基板が前記樹脂層の形成領域からはみ出ないように配置されていることを特徴とする。

【0006】第2の発明の偏光分離素子は、上記第1の発明の構成において、前記回折格子面がブレード形状を成すとともに、以下の条件式①及び②、並びに条件式③又は④を満足することを特徴とする。

$$1.5 < H < 6 \quad \cdots \textcircled{1}$$

$$0.1 < \Delta n < 0.3 \quad \cdots \textcircled{2}$$

$$np \neq no \quad \cdots \textcircled{3}$$

$$np \neq ne \quad \cdots \textcircled{4}$$

ただし、

H：回折格子高さ(μm)、

Δn ：屈折率差 $|np - no|$ 、 $|np - ne|$ のうちの大きい方の値、

50

(3)

3

np : 樹脂層の屈折率、
no : 常光に対する液晶層の屈折率、
ne : 異常光に対する液晶層の屈折率、
である。

【0007】第3の発明の偏光分離素子は、上記第1又は第2の発明の構成において、前記液晶層の厚さが50 μ m以下であることを特徴とする。

【0008】第4の発明の偏光分離素子は、上記第1、第2又は第3の発明の構成において、前記樹脂層が、周辺部に回折格子面より高くなっているバリを有する樹脂層であることを特徴とする。

【0009】第5の発明の複合型素子は、表面に金型形状を転写した回折格子面を有する樹脂層をガラス基板上に形成して成る回折光学素子と、複屈折性を有する液晶から成り、かつ、前記回折格子面に隣接する液晶層と、前記液晶層を前記樹脂層との間で挟むようにして液晶層と隣接し、液晶を封入するための透明基板と、を備えた複合型素子であって、前記透明基板が前記樹脂層の形成領域からはみ出ないように配置されていることを特徴とする。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、本発明を実施した偏光分離素子及び照明光学系を、図面を参照しつつ説明する。なお、実施の形態等の相互で同一の部分や相当する部分には同一の符号を付して重複説明を適宜省略する。

【0011】《シート状の回折光学素子層を有する偏光分離素子(図1～図3)》図1に、シート状の回折光学素子層(2)を有する偏光分離素子(1)を断面的に示す。この偏光分離素子(1)は、表面レリーフ型(膜厚変調型)の回折光学素子層(2)と、ネマティック液晶又はスメクティック液晶から成る液晶層(3)と、対向平板(4)と、シール剤(5)と、を主な構成要素として備えている。回折光学素子層(2)は、光学的な略等方性を有する樹脂製の透明シートから成り、かつ、ブレード形状の回折格子面(2a)を有している。この回折格子面(2a)に隣接する液晶層(3)は、光学的な異方性を有する一軸性の光学的異方体層であり、また、液晶層(3)を回折光学素子層(2)との間で挟むようにして液晶層(3)と隣接する対向平板(4)は、樹脂製又はガラス製の透明基板である。対向平板(4)の液晶層(3)側の面には配向膜(4a)が設けられており、配向膜(4a)には回折格子面(2a)の溝方向に沿って液晶がホモジニアス配向するようにラビング処理が施されている。

【0012】回折光学素子層(2)は熱可塑性樹脂から成ることが望ましい。熱可塑性樹脂としては、例えば、PA(polyamide)、PE(polyethylene)、PS(polystyrene)、PVC(polyvinyl chloride)、PMMA(polymethyl methacrylate)、非晶質ポリオレフィン系樹脂等が挙げられる。回折光学素子層(2)の構成材料として熱可塑性樹脂を用いると、射出成形が可能になるため、回折光

4

学素子層(2)を安価に製造することができる。また、対向平板(4)と回折光学素子層(2)とは略同じ線膨張係数を有することが望ましい。線膨張係数を略同じにすれば、環境変化(温度変化等)によって回折光学素子層(2)や対向平板(4)が膨張又は収縮しても、シール剤(5)の部分での剥がれが生じにくくなるので、高い信頼性を達成することができる。線膨張係数を略同じにするには、対向平板(4)と回折光学素子層(2)とを同じ材質で構成するのが好ましく、共に光学的な略等方性を有する樹脂で構成することが更に好ましい。

【0013】回折光学素子層(2)と対向平板(4)との間に封入されている液晶は、光学的な異方性を有する複屈折材料であるため、常光に対する屈折率と異常光に対する屈折率とは異なる。したがって、光学的に略等方な回折光学素子層(2)との境界に位置する回折格子面(2a)が及ぼす回折作用も、常光と異常光とは異なる。この偏光分離素子(1)では、常光、異常光のうちのいずれか一方に対する屈折率が回折光学素子層(2)の屈折率と同じになるように各材料が選択されている。例えば、常光に対する液晶層(3)の屈折率と回折光学素子層(2)の屈折率とを同じにした場合、常光が回折作用を受けずに回折格子面(2a)を透過し、異常光が回折格子面(2a)での回折作用を受けて偏向することになる。逆に、異常光に対する液晶層(3)の屈折率と回折光学素子層(2)の屈折率とを同じにした場合、異常光が回折作用を受けずに回折格子面(2a)を透過し、常光が回折格子面(2a)での回折作用を受けて偏向することになる。

【0014】上記のように液晶層(3)を回折格子面(2a)に隣接させることにより、入射してきた照明光を偏波面が互いに直交する2つの直線偏光に分離することができる。しかも、回折格子面(2a)がブレード形状を成しているため高い回折効率が得られる。回折格子面(2a)での回折効率が高ければ偏光変換効率も高くなるため、光利用効率を向上させることが可能である。

【0015】上記偏光分離素子(1)による照明光の偏光分離においては、回折光学素子層(2)、対向平板(4)のうちのどちら側から照明光を入射させてもよい。ただし、回折格子面(2a)よりも射出側に位置する光学部材を適度に薄くすることが望ましい。偏光分離素子(1)に入射する照明光は無偏光であるため、回折格子面(2a)に到達するまでは偏光状態に乱れが生じて問題ない。しかし、回折格子面(2a)での偏光分離後に通過する光学部材で偏光状態に乱れが生じると、偏光分離効率が低下して所望の性能が得られなくなる。偏光状態に乱れが生じる原因としては、光学部材の複屈折性が挙げられる。光学的に略等方な透明部材で光学部材を構成しても、その厚みが大きいほど複屈折の影響が大きくなり、それによって偏光状態に乱れが生じる可能性は高くなる。光学部材を薄くすれば複屈折の影響は小さくなるので、偏光状態の乱れを抑えることが可能である。しかも、光学部材を薄く

(4)

5

ことにより、その光学部材での透過効率が高くなるというメリットもある。

【0016】上記観点から、回折格子面(2a)よりも射出側に位置する光学部材の厚さは0.1~1mmであることが望ましい。特に、回折光学素子層(2)の厚さが0.1~1mmであることが望ましい。このように薄いフィルム状に成形された回折光学素子層(2)を用いることにより、分離後の偏光を回折光学素子層(2)側から射出しても、前記複屈折の影響による偏光状態の乱れを防止することが可能である。また、回折光学素子層(2)を樹脂で成形する際には、薄い方が成形を簡単に行うことができるため好ましく、コストダウンも可能である。ただし、回折光学素子層(2)を厚さ0.1mmよりも薄くすると、機械的な強度が低下するのでその取り扱いが困難になる。

【0017】回折光学素子層(2)の厚みに関して更に詳しい説明を行う。光学樹脂や光学ガラス等の光学材料は、光学的に等方で複屈折性を示さないのが好ましいが、実際にはわずかに複屈折性を有している。複屈折性を示す原因としては、成形の際に光学材料の内部に残存してしまう応力、成形体に加わる機械的な外力、加熱・冷却による温度差で成形体に生じる応力等が挙げられる。

【0018】上記複屈折により生じる光路差は以下の式(FA)で表される。また表1に、 $d=1(\text{cm})$ のときの各光学材料での複屈折による光路差 $\delta(\text{nm})$ を示す。

$$\delta = B \cdot \sigma \cdot d \quad \dots (FA)$$

ただし、

δ : 複屈折による光路差(nm)、

B : 光弾性定数($\times 10^{-12}/\text{Pa}$)、

σ : 光学材料に生じた応力差(10^5Pa)、

d : 光学材料の厚さ(cm)、

である。

【0019】

【表1】

光学材料	$\delta(\text{nm})$
PMMA	6
PMMA(ゲート付近)	50
PC	72
非晶質ポリオレフィン系樹脂	6
光学ガラス	0.2~5

【0020】図1に示す偏光分離素子(1)で分離された2つの直線偏光は、その一方の直線偏光の偏波面が90°回転させられることにより、同じ偏波面を有する2つの直線偏光となる。偏波面を回転させる偏波面回転手段として用いられるのが、例えば、後述する照明光学系に用いられている1/2波長板(26, 図11~図13)である。1/2波長板は、一方の直線偏光に対して1/2波長だけの光路差を与えることにより、偏波面を90°回転

6

させる位相板である。したがって、複屈折による光路差 δ が、可視光の波長の半分に対して(e線の場合には546.1nmの半分である273nmに対して)十分に小さな値(数%程度)でないと、偏光変換の機能が十分に達成されなくなる。

【0021】一般に、光学樹脂は複屈折性の小さい光学ガラスに比べて、10倍以上もの複屈折性を有している。このため、ランプ(20, 図11~図13)からの照明光が液晶層(3)から樹脂製の回折光学素子層(2)へと進む場合、回折格子面(2a)で偏光分離された各直線偏光が回折光学素子層(2)の樹脂中を進むにしたがって、その偏光状態に乱れが生じ、そもそもの偏光分離の機能が果たされなくなる。樹脂材料そのものがもつ複屈折の影響も大きい。同じ樹脂材料であっても、成形時に必然的に残存してしまう内部応力による複屈折の影響も大きい。例えば射出成形では、ゲート(すなわち樹脂注入口)付近に大きな内部応力が残存してしまうため、その場所での複屈折が大きくなる。

【0022】表1に示されている値 δ は、厚さ d が1(cm)のときの複屈折性を示しているが、PMMAのゲート付近やPC等ではかなり大きな複屈折が生じることが分かる。その影響を無くするためには、光学樹脂の厚みを小さくするのが有効である。例えば、e線(波長 $\lambda=546.1\text{nm}$)に対するPMMA(ゲート付近)での複屈折による光路差 δ は、厚さ $d=1(\text{cm})$ で50(nm)であるため、複屈折の影響は大きい。しかし、厚さ d をその1/10の1(mm)程度にすれば、波長 $\lambda=546.1(\text{nm})$ に対して5(nm)程度の実質上十分に小さな値となるので、複屈折の影響は問題にならなくなる。厚みが小さすぎると、前述したように機械的な強度を保てなくなるので、0.1(mm)程度の厚みは必要となる。結果として、材質にかかわらず回折光学素子層(2)の厚みは0.1~1(mm)程度の範囲内にあることが望ましく、光学樹脂で回折光学素子層(2)を構成する場合には、0.1~1(mm)の範囲の厚さにすることが特に望ましい。

【0023】回折格子面(2a)は、以下の条件式①及び②、並びに条件式③又は④を満足することが望ましい。これらの条件を満たすことにより、偏光分離効率を高めることができる。条件式②の下限を超えると、回折格子ピッチに対する回折格子高さが大きくなりすぎて、斜めの入射光に対して回折が生じにくくなる。このため、回折効率が低下することになる。条件式①の上限を超えた場合も同様である。複屈折材料として液晶を用いることは、複屈折性を有する光学的異方体層を簡単・安価に構成する上で有効であるが、液晶として条件式②の上限を超えるものは知られていない。また、条件式①の下限を超えると、回折格子面(2a)の形成が困難になる。

$$1.5 < H < 6 \quad \dots ①$$

$$0.1 < \Delta n < 0.3 \quad \dots ②$$

$$np \approx n_o \quad \dots ③$$

(5)

7

np=ne …④

ただし、

H: 回折格子高さ(μm)、 Δn : 屈折率差 $|np-no|$, $|np-ne|$ のうちの大きい方の値、

np: 回折光学素子層(2)の屈折率、

no: 常光に対する光学的異方体層(ここでは液晶層(3))の屈折率、

ne: 異常光に対する光学的異方体層(ここでは液晶層(3))の屈折率、
である。

【0025】また、回折格子面(2a)が以下の条件式⑤を満足することが望ましい。条件式⑤は、偏光分離素子(1)を照明光学系に用いた際のレイアウト上でのコンパクト化が可能であって、しかも高い偏光分離効率を達成することが可能な条件を規定している。条件式⑤の下限を超えると、斜めの入射光に対する回折が生じにくくなるため回折効率が低下する。条件式⑤の上限を超えると、偏光分離角が小さくなるので共役長を長くする必要が生じ、コンパクト化が困難になる。

【0026】 $5 < D < 15$ …⑤

ただし、

D: 回折格子ピッチ(μm)、

である。

【0027】図2のグラフに、偏光分離素子(1)における透過効率(E_0 , 0次回折光)及び回折効率(E_1 , +1次回折光)の波長依存性を示す。回折光学素子層(2)の回折格子ピッチ $D=8.5(\mu\text{m})$ 、回折格子高さ $H=2.75(\mu\text{m})$ 、屈折率 $np=1.52$ であり、+1次回折光の回折角度 $=3.8(^{\circ})$ である。また、常光、異常光に対する液晶層(3)の屈折率 $no=1.52$, $ne=1.72$ である($\Delta n=0.2$)。

【0028】図3のグラフに、R, G, Bの各波長の光(R:633nm, G:532nm, B:473nm)に対する偏光分離素子(1)における透過効率(E_{0R} , E_{0G} , E_{0B} ; 0次回折光)及び回折効率(E_{1R} , E_{1G} , E_{1B} ; +1次回折光)の入射角依存性を示す。図3から分かるように、R, G, B共に透過効率(E_{0R} , E_{0G} , E_{0B})が90%以上、入射角度 $\pm 20^{\circ}$ の範囲で回折効率(E_{1R} , E_{1G} , E_{1B})が50%以上の高い効率を得ることができ

る。

【0029】《複合型回折光学素子を有する偏光分離素子(図4～図10)》図5に、回折光学素子(10)を有する偏光分離素子(11)を断面的に示す。また図4に、回折光学素子(10)の回折格子面(7a)の形成工程を断面的に示す。この偏光分離素子(11)は、表面に回折格子面(7a)を有する樹脂層(7)をガラス基板(6)上に形成して成る複合型・表面レリーフ型の回折光学素子(10)を備えている。回折格子面(7a)に隣接する液晶層(3)は、ネマティック液晶又はスメクティック液晶から成っている。また、液晶層(3)を樹脂層(7)との間で挟むようにして液晶層(3)と隣接する対向平板(4)は、樹脂製又はガラス製の透明

8

基板であり、対向平板(4)の液晶層(3)側の面には、前記偏光分離素子(1)と同様、回折格子面(7a)の溝方向に沿って液晶がホモジニアス配向するようにラビング処理された配向膜(4a)が設けられている。

【0030】回折格子面(7a)を形成する際には、まず図4に示すコア金型(15)上にUV (ultraviolet ray)硬化型樹脂を塗布し、その上にガラス基板(6)を載せ、樹脂が所定の厚さになるように押圧した後、UV照射を行う。UV硬化型樹脂が硬化したら、ガラス基板(6)の周辺部をイジェクタ(16)で押して離型する。この工程により、ブレード形状の回折格子面(7a)を表面に有する、UV硬化型樹脂から成る樹脂層(7)が得られる。ガラス基板(6)の全領域(A)のうち、離型の際にイジェクタ(16)と接触する部分には樹脂層(7)が形成されないので、図5に示すようにガラス基板(6)上には、樹脂層(7)が形成されている形成領域(B1)と、樹脂層(7)が形成されていない非形成領域(B2)と、が存在することになる。

【0031】上記のようにして得られた樹脂層(7)上にシール剤(5, 図6)を塗布し、対向平板(4)を固定する。このとき対向平板(4)は、樹脂層(7)の形成領域(B1)から非形成領域(B2)へはみ出ないように配置される。樹脂層(7)の形成領域(B1)のうち、液晶層(3)の領域(D)はシール剤(5)で規制され、対向平板(4)の領域(C)は領域(D)と領域(B1)との中間領域となるので、各領域間には $D < C < B1 < A$ のサイズ関係が成立することになる。

【0032】上記回折格子面(7a)の形成工程においては、コア金型(15)とイジェクタ(16)との隙間に入り込んだ樹脂で、図6(図5のZ部拡大図)に示すようにバリ(7b)が同時に形成されてしまう。バリ(7b)の高さは50~100 μm 程度になるのに対し、液晶層(3)の厚さは30 μm 以下、好ましくは数 μm 程度である。液晶層(3)の厚さは通常5~10 μm 程度のスペーサ(不図示)によってコントロールされるが、バリ(7b)の上に対向平板(4)が載って対向平板(4)に傾きや浮きが生じると、液晶層(3)の厚さをコントロールすることができなくなってしまう。液晶層(3)が厚くなるほど液晶層(3)の中間付近の配向がランダムになってしまい、液晶層(3)が光学的異方体層として正常に機能しなくなる(例えば白濁する)。対向平板(4)がバリ(7b)上に載らないようにバリ(7b)を削り取れば上記問題は生じないが、そのための加工を増やすとコストが高くなってしまう。また、バリを削ると樹脂層(7)に細かい傷が生じてしまうため、使用時の環境変化(温度変化等)が厳しいと、その細かい傷を発生源として樹脂層(7)にひび割れが発生してしまう。

【0033】上記問題を解決するために、対向平板(4)は樹脂層(7)の形成領域(B1)から非形成領域(B2)へはみ出ないように配置されている。この構成によると、バリ(7b)があってもその上に対向平板(4)が載らないので、液晶層(3)の厚さをスペーサでコントロールすることが可能であり、樹脂層(7)と対向平板(4)との間に液晶を薄

(6)

9

く封入することができる。また、バリ(7b)を削り取る後加工工程が不要であるため、コストアップを招かず、ひび割れの原因となる傷が樹脂層(7)に付くこともない。したがって、製造容易で信頼性の高い偏光分離素子(11)とすることができる。

【0034】図6に示すようにバリ(7b)を削らずに残しておく、バリ(7b)が欠けて樹脂層(7)に割れが生じるおそれがある。そこで、バリ(7b)の欠け等を防ぐために、図7に示すように保護剤(8)でバリ(7b)を覆うことが望ましい。保護剤(8)としては、シリコンゴム等の柔軟な材料が適当である。また、バリ(7b)はイジェクタ(16)と接触したUV硬化型樹脂から成るため、樹脂層(7)の端部であってもイジェクタ(16)と接触しない部分にはバリ(7b)は生じない。バリ(7b)がなければ保護剤(8)は不要であるが、シール剤(5)の機能を補うために、図8に示すようにバリ(7b)のない樹脂層(7)の端部も保護剤(8)で覆うことが望ましい。図9に示す液晶注入口(5a)の部分でもガラス基板(6)に対するイジェクタ(16)の接触がないため、樹脂層(7)の端部であってもバリ(7b)は生じない。この液晶注入口(5a)の部分は、図10に示すように封止剤(9)で覆えばよい。封止剤(9)としては、シリコンゴムやUV硬化型樹脂等が挙げられる。

【0035】偏光分離素子(11)において、実際に照明光が通過する使用範囲は液晶層(3)の領域(D)である。そして、液晶層(3)の外周部分(例えばシール剤(5)の部分や液晶注入口(5a)の封止剤(9)の部分等)は、使用領域(D)以外の不使用領域である。不使用領域にあるシール剤(5)や封止剤(9)をUV硬化型樹脂等で構成した場合、実際の使用の際にそこに光が当たると、光を吸収して熱を持ったり、長時間の照射により樹脂そのものが劣化したりして、信頼性を保てなくなるおそれがある。また、温度変化により液晶や樹脂の屈折率が変化して、回折光学素子(10)の回折効率が低下するおそれもある。そこで、上記不使用領域に光が当たらないように、光を反射する薄いマスク板(例えばステンレス等から成る金属製の反射板)を設けて、光源からの照明光を遮ることが望ましい。

【0036】図1の偏光分離素子(1)と同様、図5に示す偏光分離素子(11)についても、偏光分離効率を高めるために、回折格子面(7a)が以下の前記条件式①及び②、並びに条件式③又は④を満足することが望ましい(ただし、 n_p は樹脂層(7)の屈折率である。)。また、液晶層(3)の厚さは $50\mu\text{m}$ 以下であることが望ましい。液晶層(3)の厚さが $50\mu\text{m}$ を超えると、配向膜(4a)で液晶を配向させることが困難になり、液晶層(3)の中間付近の配向がランダムになってしまい、所望の性能(回折効率)を得ることが困難になる。

【0037】《照明光学系(図11～図13)》前述の偏光分離素子(1又は11)を備えた照明光学系の光学構成を、図11に色分解光路の断面(上面側から見た状態)で

10

示し、図12に偏光変換光路の断面(側面側から見た状態)で示す。この照明光学系は、液晶パネル(29)を照明するための液晶プロジェクター用照明光学系であって、光路の順に、ランプ(20)、UV (ultraviolet ray) - IR (infrared ray) カットフィルター(21)、インテグレートロッド(22)、偏光分離素子(1又は11)、色分解用のホログラム(23)、コンデンサーレンズ(24)、リレーレンズ(25)、1/2波長板(26)、トリミングフィルター(27)、及びフィールドレンズ(28)を備えている。

【0038】ランプ(20)は、照明光を発する光源(20a)と、光源(20a)からの照明光を集光する楕円鏡(20b)と、から成っている。ランプ(20)から射出した照明光は、UV - IR カットフィルター(21)を通過する。UV - IR カットフィルター(21)は必要に応じて設ければよいが、UV - IR カットフィルター(21)を光源(20a)と偏光分離素子(1又は11)との間に配置して、必要な可視光以外の紫外光及び赤外光を遮断すれば、偏光分離素子(1又は11)の耐光性・耐熱性を高めて、偏光分離素子(1又は11)の信頼性を上げることができる。

【0039】UV - IR カットフィルター(21)を通過した照明光は、カレイドスコープ方式のインテグレートロッド(22)に入射する。インテグレートロッド(22)は、多角柱形状のガラス体、あるいは複数枚のミラーを組み合わせて成る中空筒体であり、入射光をその側面で何度も繰り返して反射させることにより、照明光の空間的なエネルギー分布(すなわち照度分布)を均一化する。インテグレートロッド(22)の射出端面は液晶パネル(29)の表示面と共役な関係にあるため、液晶パネル(29)の表示面を効率良く均一に照明することができる。

【0040】インテグレートロッド(22)を射出した照明光は、偏光分離素子(1又は11)に入射する。偏光分離素子(1又は11)は、インテグレートロッド(22)から射出した照明光を、偏波面が互いに直交するP偏光とS偏光とに分離する。この偏光分離では、P偏光が回折格子面(2a又は7a)で回折せずにそのまま偏光分離素子(1又は11)を透過し、S偏光が回折格子面(2a又は7a)での回折により偏向する。そしてこの偏光分離により、P偏光とS偏光とで結像位置(すなわち光源像位置)に光軸垂直方向のズレが生じることになる。偏光分離素子(1又は11)を射出したP偏光とS偏光は、色分解用のホログラム(23)で色分解されてRGBの色毎に異なる角度で射出し、集光用のコンデンサーレンズ(24)に入射する。なお、ホログラム(23)の代わりに、他の種類の回折光学素子(表面レリーフ型等)、カラーホイール、ダイクロイックミラー等を用いて色分解を行う構成にしてもよい。

【0041】コンデンサーレンズ(24)を通過した照明光は、リレーレンズ(25)に入射する。2枚のリレーレンズ(25)は、インテグレートロッド(22)の射出端面と液晶パネル(29)の表示面とが共役になるように照明光をリレーする。リレーレンズ(25)の絞り位置の近傍(絞りの共役

(7)

11

位置近傍でもよい。)には、S偏光のみが入射するように、1/2波長板(26)が偏波面回転手段として配置されている。リレーレンズ(25)の絞り位置近傍では、S偏光とP偏光とが互いにズレた位置で結像するため、S偏光のみを1/2波長板(26)に入射させることが可能である。1/2波長板(26)は、リレーレンズ(25)からの射出光の偏光状態が揃うように、S偏光の偏波面を略90°回転させる。この偏波面の回転によりS偏光はP偏光に変換され、その結果、照明光は全てP偏光となる。このように1/2波長板(26)を偏波面回転手段として用いることにより、偏波面の回転を安価に行うことができる。

【0042】P偏光に揃えられた照明光は、コンデンサーレンズ(24)の他に、色純度を上げるためのトリミングフィルター(27)と集光用のフィールドレンズ(28)を通過した後、空間光変調素子である液晶パネル(29)を照明する。液晶パネル(29)の偏光子(不図示)はP偏光を透過させる向きに配置されているので、偏光子による光量損失はほとんどなく、液晶パネル(29)に対して光利用効率の高い照明が達成可能となる。また、RGBの照明光が互いに異なる角度で液晶パネル(29)に入射し、液晶パネル(29)の照明光入射側に位置するマイクロレンズアレイ(不図示)でRGBに対応する画素が照明されるため、単板でのフルカラー表示が可能となる。なお、液晶パネル(29)のマイクロレンズアレイに対して色毎に異なる角度で光が入射すればフルカラー表示が可能となるため、ホログラム(23)で色分解を行う代わりに3つのダイクロイック面で色分解を行う構成にしても同様の照明が可能である。

【0043】偏光分離素子(1又は11)は入射角依存性が小さいため(図3参照。)、入射角の大きな光に対しても高い効率で偏光分離を行うことができる。したがって、高い効率の偏光変換により光利用効率を向上させることができるため、液晶パネル(29)を明るく照明することができる。また、1/2波長板(26)との組み合わせにより、安価な偏光変換を達成することができる。これに対し、PBS(polarizing beam splitter)のように入射角依存性の大きい偏光分離手段は、大きな角度で照明光を射出するインテグレートロッド(22)とのマッチングが良くない。したがって、PBSとインテグレートロッド(22)との組み合わせでは、高い効率で偏光分離を行うことが困難である。偏光分離効率が低ければ偏光変換効率も低くなるため、光利用効率の向上は不可能である。

【0044】高速駆動が可能な反射型液晶パネルを用いた単板方式の表示装置では、明るさを確保するために、偏光変換が特に必要とされる。また、表示装置にカラーシーケンシャル方式(カラーホイール等を使ってR、G、Bを順次切り替える方式)を採用する場合、インテグレートロッド(22)の出口のような集光部が、カラーホイールを配置するために必要となる。図11等にも示すようなインテグレートロッド(22)と偏光分離素子(1又は1

12

1)との組み合わせによれば、コンパクトな構成でありながら明るさを確保し、かつ、カラーシーケンシャル方式を採用することができる。これに対し、レンズアレイ方式のインテグレートを用いた場合には集光部の構成が困難であり、照明光学系全体の大型化を招くことにもなる。

【0045】図13に、図12とは異なる偏光変換を行う照明光学系の光学構成を、偏光変換光路の断面(側面側から見た状態)で示す。この照明光学系は、偏光分離素子(1又は11)による偏光分離角が大きく(つまり回折格子面(2a又は7a)による回折角が大きく)、それに対応するように1/2波長板(26)が配置されている点を除けば、図12の照明光学系と同様に構成されている。したがって、この照明光学系の色分解光路の断面(上面側から見た状態)は図11と同じである。回折格子ピッチを小さくすることにより回折格子面(2a又は7a)による回折角を大きくすると、S偏光が全体として大きな偏光分離角で偏向することになるため、照明光学系の各部配置の自由度を向上させることができる。

【0046】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、ガラス基板及び樹脂層から成る回折光学素子に対して透明基板が適正に配置される構成になっているため、製造容易で信頼性の高い偏光分離素子を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】シート状の回折光学素子層を有する偏光分離素子を示す断面図。

【図2】図1の偏光分離素子における透過効率及び回折効率の波長依存性を示すグラフ。

【図3】図1の偏光分離素子における透過効率及び回折効率の入射角依存性を示すグラフ。

【図4】複合型回折光学素子の回折格子面形成工程を示す断面図。

【図5】図4の回折光学素子で構成された偏光分離素子を示す断面図。

【図6】図5の偏光分離素子の一部(Z部)を示す拡大図。

【図7】図5の偏光分離素子の樹脂層端部(バリのある部分)が保護剤で覆われた状態を示す拡大図。

【図8】図5の偏光分離素子の樹脂層端部(バリのない部分)が保護剤で覆われた状態を示す拡大図。

【図9】図5の偏光分離素子の液晶注入部分を示す拡大図。

【図10】図5の偏光分離素子の液晶注入部分が封止剤で覆われた状態を示す拡大図。

【図11】偏光分離素子を備えた照明光学系の光学構成を色分解光路の断面で示す図。

【図12】偏光分離素子を備えた照明光学系の光学構成を偏光変換光路の断面で示す図。

(8)

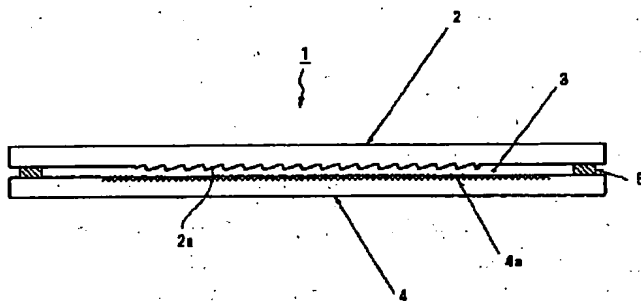
13

【図13】図12とは異なる偏光変換を行う照明光学系の光学構成を偏光変換光路の断面で示す図。

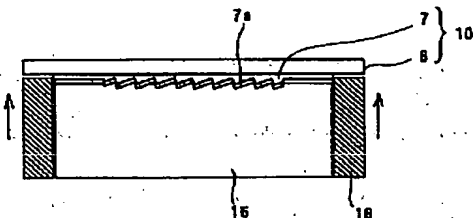
【符号の説明】

- 1 ……偏光分離素子
2 ……回折光学素子層
2a ……回折格子面
3 ……液晶層(光学的異方体層)
4 ……対向平板(透明基板)
4a ……配向膜
6 ……ガラス基板
7 ……樹脂層(回折光学素子層)
7a ……回折格子面

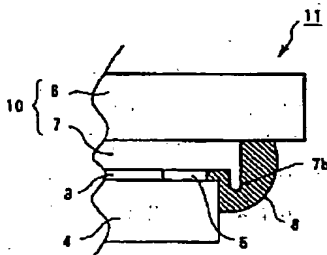
【図1】



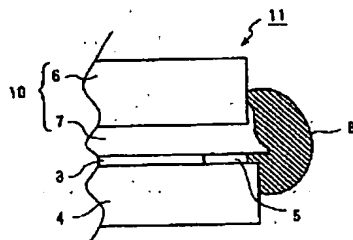
【図4】



【図7】



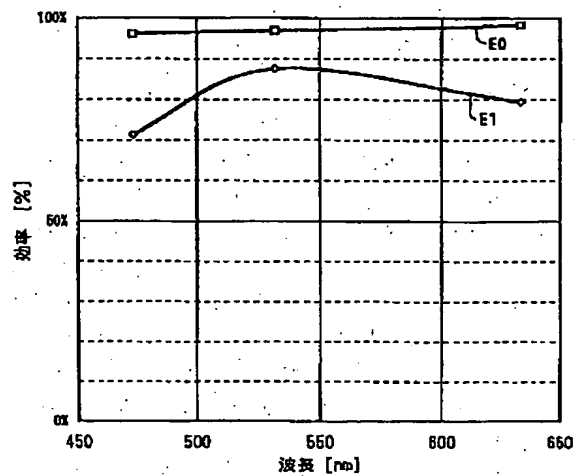
【図8】



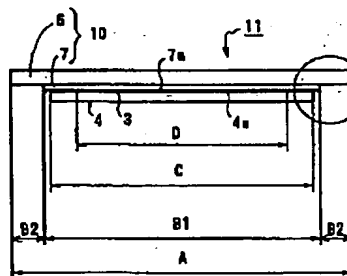
14

- 10 ……回折光学素子
11 ……偏光分離素子
20 ……ランプ
20a ……光源
21 ……UV-IRカットフィルター
22 ……インテグレートロッド
25 ……リレーレンズ
26 ……1/2波長板(偏波面回転手段)
29 ……液晶パネル
10 B1 ……樹脂層の形成領域
B2 ……樹脂層の非形成領域

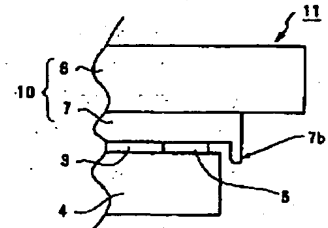
【図2】



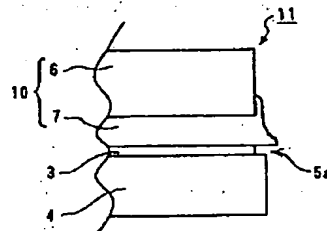
【図5】



【図6】

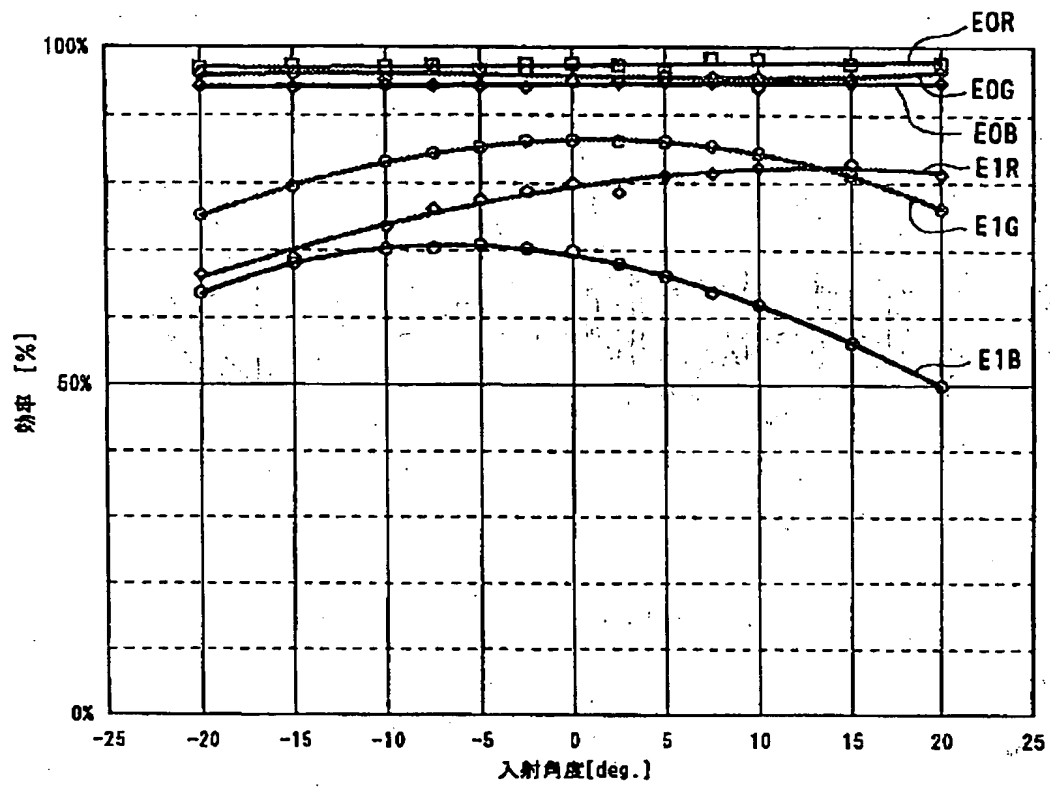


【図9】

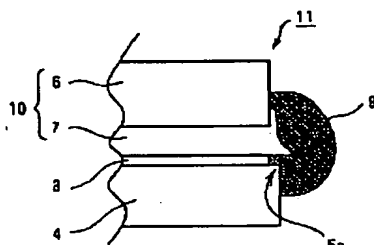


(9)

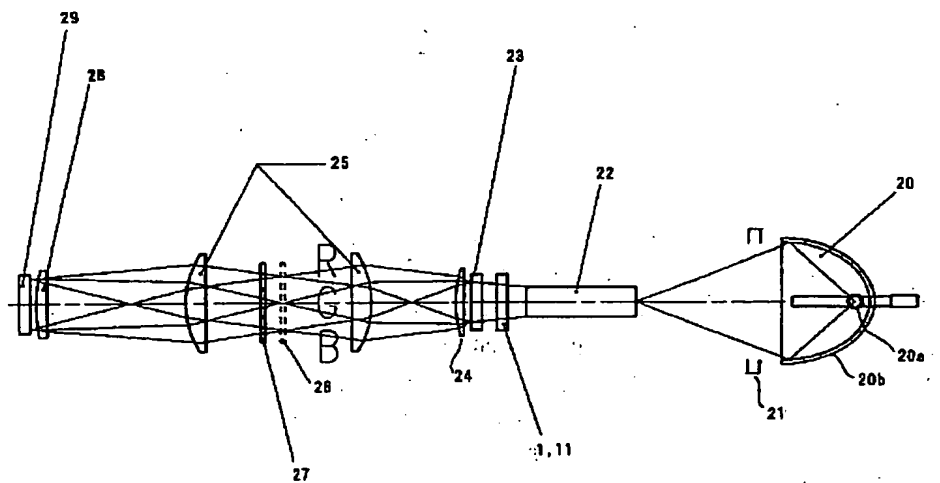
【図3】



【図10】

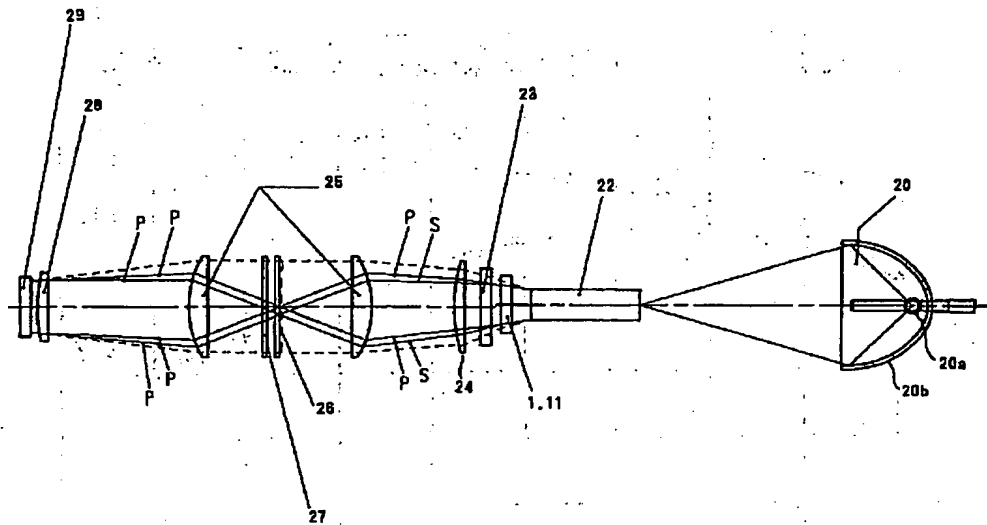


【図11】

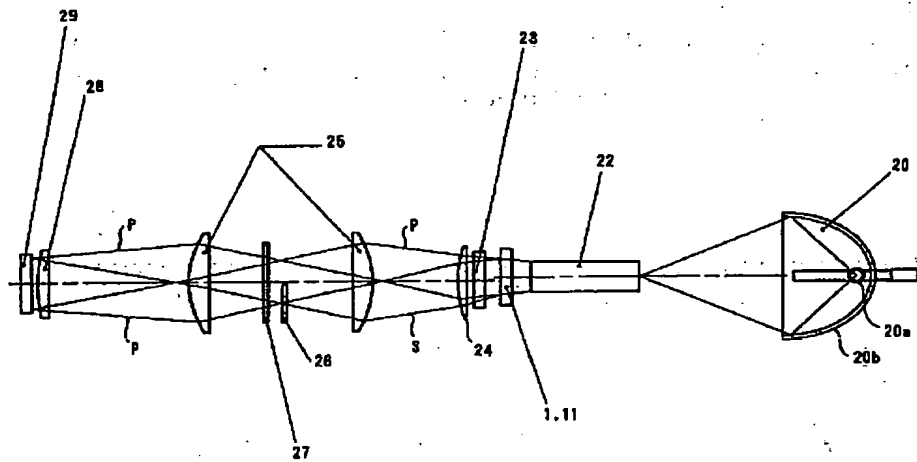


(10)

【図12】



【図13】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H049 AA03 AA40 AA43 AA45 AA50
 AA63 BA05 BA06 BA42 BB62
 2H088 EA48 GA02 GA04 HA16 HA24
 HA28 MA06
 2H091 FA07Z FA19Z FA26Z FA41Z
 FB02 FB04 FC19 GA06 JA01
 LA16 MA06